

Преимущества: Стимулирование работы воображения помогает выявить новые риски и найти новаторские решения. В обсуждении принимают участие основные заинтересованные лица. Быстрота и простота применения методики.

Недостатки: Участники не всегда обладают необходимой квалификацией и знаниями, чтобы предлагать эффективные решения. Не всегда можно гарантировать выявление всех потенциальных рисков.

После анализа выбранного метода определяют уровни частот и тяжести последствий. По результатам строят матрицу рисков, по которой принимают рекомендации по снижению риска для каждого его уровня: недопустимый, нежелательный, допустимый, не принимаемый в расчет.

В дальнейшем планируется повышать надежность энергетических устройств за счет построения дерева событий для следующих вариантов: контроллер выдал команду на включение светофора и не получает сигнал на успешное включение; элемент включения показывает ложную занятость; приближающийся поезд не обнаруживается элементом включения.

Список использованных источников

1. Управление ресурсами на этапах жизненного цикла, рисками и анализом надежности (УРРАН). Общие правила оценки и управления рисками. СТО РЖД 1.02.034 –2010. 2011. 12 с.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 (ISO/IEC 31010:2009) Менеджмент риска: методы оценки риска. Введ. 2011-12-01. М. : Изд-во стандартов, 2012. 74 с.
3. Махутов Н. А., Петров В. П., Ахметханов Р. С., Резников Д. О. и др. Анализ рисков и управление безопасностью : методические рекомендации. М. : МГФ. «Знание». 2008. 672 с.

УДК 621.746.047:658.18

Байкова Д. А., Агапитов Е. Б., Картавец С. В.
Магнитогорский государственный технический университет
dianna.baykova.93@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЖИДКОСТЕЙ В ПЕРСПЕКТИВНОМ ПРОЦЕССЕ ВАЛКОВОЙ РАЗЛИВКИ-ПРОКАТКИ

Аннотация. В работе изложено описание процесса валковой разливки-прокатки. Рассмотрено использование частиц со значительно большим коэффициентом теплопроводности, чем базовая жидкость, которые быстрее отводят тепло от кристаллизатора при охлаждении валков. Рассчитано, какое количество энергии можно отвести от кристаллизаторов.

В последнее время всё более актуальным становятся задачи эффективного использования энергетических ресурсов, снижение энергопотерь в промышленности. Известно что, большинство промышленных и технологических процессов, работа механизмов и устройств сопровождается выделением большого количества тепла, которое слабо используется и сбрасывается. В то же время низ-

копотенциальное тепло обладает значительной энергией, которую можно полезно использовать, например - выработки электроэнергии для внутренних нужд предприятия. Это является важной научно-технической задачей.

При быстром росте цен на энергоносители и постепенного приближения их к уровню среднеевропейских, приоритетным направлением развития металлургии России является внедрение современных энергосберегающих технологий, которые позволяют снизить долю затрат в себестоимости проката и повысят конкурентоспособность отечественной металлопродукции на внешних рынках.

Одной из перспективных технологий производства листа с точки зрения экономии энергии и экологичности, является процесс валковой разливки-прокатки, рис. 1 [1].

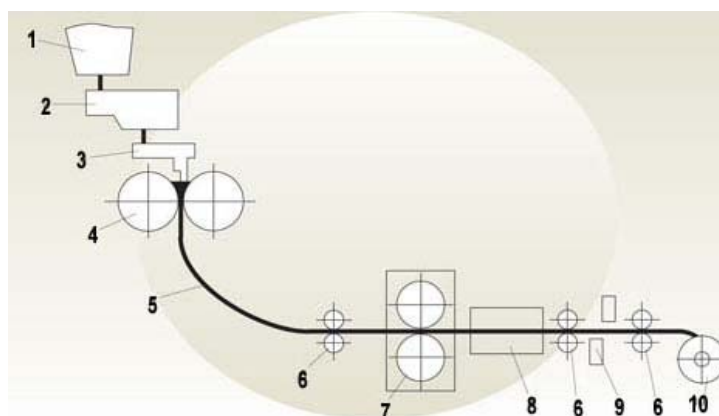


Рис. 1. Общая схема двухвалкового ЛПА для производства тонких полос

Из ковша 1 жидкий металл заливают в промежуточный ковш 2, а из него через разливочное устройство 3 в валковый кристаллизатор 4. Полосу 5 после литейно-прокатного агрегата подвергают дополнительному обжатию в валках прокатной клетки 7, а после прохождения участка охлаждения (термообработки) 8 полосу разрезают на листы ножницами 9 или сматывают в рулоны на моталке 10. В состав линии агрегата входят несколько тянущих клеток (валков) 6.

Для достижения твердого состояния заготовки необходимо отвести определенное количество тепла в окружающую среду в течение заданного времени по заданному закону, обеспечивающему получение тонкого листа. Для нормального процесса охлаждения необходимо обеспечить движение заготовки с определенной скоростью при регламентированном отводе тепла. Известно, что обычные охлаждающие жидкости (вода, масла, гликоли, фторуглероды), обладают достаточно низкой теплопроводностью (табл.), что является ограничивающим фактором в современных конструкциях систем охлаждения. Для увеличения их теплопроводности можно создать многофазную (минимум двухфазную) дисперсную среду, где роль дисперсии выполняют частицы со значительно большим коэффициентом теплопроводности, чем базовая жидкость [2].

Расход охлаждающей воды внутри роликов в различных секциях практически не зависит от скорости вытягивания полосы из кристаллизатора и его ширины. Перепад температур воды, циркулирующей внутри роликов возрастает при увеличении обоих этих параметров, т.е. расход воды не обеспечивает стабильного охлаждения [3]. Температура стали перед разливкой составляет в среднем 1540 °С, на выходе из кристаллизатора – 1200 °С. Теплоемкость стали в жидком состоянии составляет - 0,84 Дж/(кг·°С), а в твердом – 0,7 Дж/(кг·°С).

Сравнение коэффициентов теплопроводности материалов для наножидкостей

Материалы		Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)
Углерод	Графен	~5000
	Алмаз	2300
	Углеродные нанотрубки	~2000
	Графит	110-190
Металлические материалы	Серебро	429
	Медь	401
	Алюминий	237
Теплопроводящие жидкости	Вода	0,613
	Этиленгликоль	0,253
	Моторное масло	0,145

Количество энергии которое можно отвести от кристаллизаторов определяется по формуле:

$$Q = c \cdot \Delta t \quad (1)$$

где c – теплоемкость стали на в твердом и жидком состоянии, Дж/(кг·°С); Δt – разность температур, °С.

При температуре 1540 °С в жидком состоянии стали: $Q_1 = 33,6$ кДж/кг.

При температуре 1500 °С: $Q_2 = 275$ кДж/кг.

При температуре 1200 °С в твердом состоянии стали после кристаллизатора: $Q_3 = 210$ кДж/кг.

Общее количество тепла, которое можно отвести от кристаллизатора $Q = 518$ кДж/кг или 33,6 %.

По уравнению Нуссельта была произведена оценка максимально возможного эффекта зависимости коэффициента теплопроводности от коэффициента теплоотдачи наножидкости и воды при неизменных критериях Рейнольдса и Прандтля.

$$Nu = c \cdot Re^m \cdot Pr^n = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda}$$

$$\frac{\alpha_H}{\alpha_B} = \frac{\lambda_H}{\lambda_B}$$

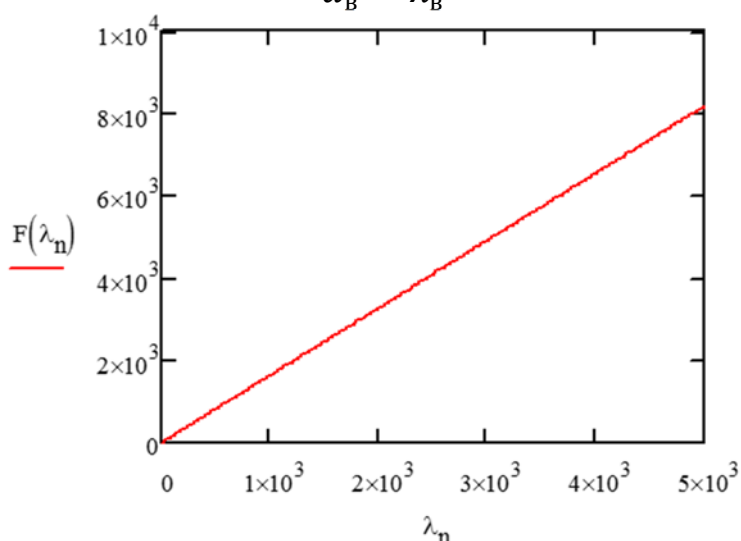


Рис. 2. Функция от коэффициента теплопроводности

При прочих равных условиях увеличение коэффициента теплопроводности приводит к возрастанию коэффициента теплоотдачи на три порядка, как видно из графика, представленного на рис. 2. Из данного анализа следует, что применение наножидкостей увеличивает интенсивность теплоотвода, тем самым увеличивая мощность отвода тепла.

Список использованных источников

1. Вдовин К. Н., Точилкин В. В., Ячиков И. М. Непрерывная разливка стали: монография. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. 540 с.
2. Неорганические наноматериалы / Э. Г. Раков. [Эл.идз.] М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 474 с.
3. Бровман М. Я. Усовершенствование систем охлаждения кристаллизаторов МНЛЗ // Сталь. 2014. № 9. С. 18-22.

УДК 621.313

Бакубаев Б. Т., Денисенко В. И.
Уральский федеральный университет
v.i.denisenko@urfu.ru, b.bakubaev@yandex.ru

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С АСИММЕТРИЧНЫМ МАГНИТОПРОВОДОМ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМАХ НАГРЕВА

Аннотация. В работе рассматриваются особенности конструкции асинхронного двигателя с асимметричным магнитопроводом (АДАМ), особенности теплового расчета при нестационарных режимах нагрева. Применение АДАМ с неорганической изоляцией позволит увеличить срок службы двигателей в экстремальных условиях воздействия радиационных полей.

Коллективом кафедры электрических машин УрФУ совместно с ЗАО «Уралэлектромаш» осуществляется разработка опытного образца высоконадежного асинхронного двигателя с применением неорганической изоляции на основе керамических материалов для использования в экстремальных условиях воздействия радиационных полей и высоких температур, в которых срок службы серийных двигателей с органической изоляцией сокращается до (2 – 3) месяцев.

Применение керамической изоляции потребовало применения обмотки статора, имеющей простейшую форму катушек с минимальным изгибом провода при намотке, чтобы исключить возможность повреждения изоляции. Традиционная технология изготовления асинхронных двигателей с всыпными обмотками статора исключает возможность применения обмотки с керамической изоляцией. В этом отношении наиболее целесообразно использовать конструкцию асинхронного двигателя с асимметричным магнитопроводом (АДАМ) [1].